

⑫ 公開特許公報 (A) 平2-59975

⑬ Int. Cl.³
G 06 F 15/68
15/66

識別記号
410
405

序内整理番号
8419-5B
8419-5B

⑭ 公開 平成2年(1990)2月28日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全10頁)

⑮ 発明の名称 ジャギの滑線化方法

⑯ 特 願 昭63-210690
⑰ 出 願 昭63(1988)8月26日

⑱ 発明者 成瀬 央 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑲ 発明者 野村 由司彦 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑳ 出願人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉑ 代理人 弁理士 星野 恒司

明細書

1. 発明の名称 ジャギの滑線化方法

2. 特許請求の範囲

デジタル画像に対して、最近隣内挿法を用いて一方向の座標の座標変換を行う場合において、

(a) 座標変換後の標本点上にある両端の座標 (x, y) から、座標変換前の画像において該座標に対応する標本点上にある画像の座標 (u, v) を差し引いてその差 $x - u$ を求め、この値を座標 (x, y) にある両端の x 方向の移動量 $d(x, y)$ とする第1工程と、

(b) y 方向に隣接する両端の移動量が異なる $\Delta d = d(x, y) - d(x, y+1) \neq 0$

なる条件を満たす座標 $(x, y), (x, y+1)$ にある両端を換出する第2工程と、

(c) 該座標にある両端の濃度 $g(x, y), g(x, y+1)$ を

$$g(x, y) = \frac{2g_x(x, y) + g_x(x + \Delta d / |\Delta d|, y)}{3}$$

$$g(x, y+1) = \frac{2g_x(x, y+1) + g_x(x - \Delta d / |\Delta d|, y+1)}{3}$$

で置換する第3工程と、

(d) x 方向に隣接する両端の移動量が異なる $\Delta d = d(x, y) - d(x+1, y) \neq 0$

なる条件を満たす座標 $(x, y), (x+1, y)$ にある両端を換出する第4工程と、

(e) 该座標にある両端の濃度 $g(x, y), g(x+1, y)$ を

$$g(x, y) = \begin{cases} \frac{g_x(x-1, y) + 2g_x(x, y)}{3} & (\Delta d < 0) \\ \frac{5g_x(x-1, y) + g_x(x+1, y)}{6} & (\Delta d > 0) \end{cases}$$

$$g(x+1, y) = \begin{cases} \frac{2g_x(x+1, y) + g_x(x+2, y)}{3} & (\Delta d < 0) \\ \frac{g_x(x, y) + 5g_x(x+1, y)}{6} & (\Delta d > 0) \end{cases}$$

で置換する第5工程と

からなることを特徴とするジャギの滑線化方法。

3. 発明の詳細な説明

(発明の属する技術分野)

本発明は、最近隣内挿法を用いてデジタル画像の座標変換を行った場合に生じるジャギの滑線化方法に関するものである。

(従来の技術)

始めに最近隣内挿法を用いた両像の座標変換方法。次にジャギ(両像変換後の両像のギザギザ)の発生現象について説明する。ここでは、最近隣内挿法を用い、かつ座標変換を水平、鉛直の2方向に分離して順次行う高速座標変換方法(成瀬、野村、両像の座標変換方法、特願昭63-44342号)を例に用いて、両像の座標変換を説明する。

第1回は座標変換の原理を、第2回は座標変換のフローチャートを夫々示す。座標変換後および変換前の各座標軸として、水平方向にはそれぞれ x 軸、 u 軸を、鉛直方向には y 軸、 v 軸を用いる。ここでは、座標変換を水平、鉛直の2方向に分離して順次処理する。すなわち、まず両像を水平方向に座標変換し、次に変換された両像を鉛直方向に座標変換していくものとする。

第1回に示すように、座標変換前の座標(u , v)にある両像の濃度を水平方向に $d(x, y)$ 両像移動して座標変換後の座標(x , v)にある両像の濃度とし、さらに、この両像の濃度を鉛直方向

$$\begin{cases} u = \text{int}(f_u(x, y) + 0.5) \\ v = \text{int}(f_v(x, y) + 0.5) \end{cases} \quad (1)$$

と設わせる。

一般に、座標変換後の両像において座標(x , y)を標本点上に設定しても、この座標に対応する座標変換前の座標($f_u(x, y)$, $f_v(x, y)$)は標本点上にはない。そのため、最近隣内挿法では座標変換前の座標($f_u(x, y)$, $f_v(x, y)$)に最も近い標本点の座標(u , v)で代用している。

式(1)は、座標(u , v)にある両像の濃度 $g(u, v)$ を座標(x , y)にある両像の濃度 $g(x, y)$ として記述することによって、すなわち両像の濃度 $g(u, v)$ を水平方向に $x - u$ 両像、鉛直方向に $y - v$ 両像移動することによって、両像の座標変換が行えることを示している。これらの移動量 $d(x, y)$, $e(x, y)$ 、すなわち

$$\begin{cases} d(x, y) = x - u \\ e(x, y) = y - v \end{cases} \quad (2)$$

は、式(1)により全ての座標(x, y)について予め算出できる。

に $e(x, y)$ 両像移動して座標変換後の座標(x , y)にある両像の濃度とする。そのためには、前処理として座標(x, v)にある両像に $d(x, y)$ の濃度、座標(x, y)にある両像に $e(x, y)$ の濃度を与え、水平方向用および鉛直方向用の参考両像を作成しておく。

後で変換前の両像の全両像を一括して d 両像あるいは e 両像シフトし、その中で、前記参考両像の中で d あるいは e の濃度をもつ両像群の座標に応対する両像群のみを残してやればよい。以下、水平方向を例にとって、第2回のフローチャートを用いて説明する。

(1) 前処理について

(第1工程) 移動量記憶画像 D の作成:

座標変換前の両像における両像の座標を (u, v) 、座標変換後の両像における両像の座標を (x, y) とし、 (x, y) 座標系から (u, v) 座標系への水平、鉛直方向の変換式を f_u , f_v とすれば、最近隣内挿法では (x, y) と (u, v) の関係は

そこで、あらゆる座標(x, y)について式(1)により (u, v) を、さらに、式(2)により $d(x, y)$ を求める。そして、 $d(x, y)$ を水平方向用の参考両像の座標(x, v)にある両像の濃度として記憶する。この参考用両像を水平方向の移動量記憶画像 D と呼ぶ。

今、移動量 $d(x, y)$ がレンズに起因する両像歪を近似する式の一例として、

$$d(x, y) = a_{uv}(x - x_0)(y - y_0)^2 \quad (3)$$

と表わされている場合を用いて具体的に説明する。ここで、 a_{uv} , x_0 , y_0 は定数で、それぞれ 0.004, 1, 0 とする。これにより、水平方向の移動量記憶画像 D を作成した結果を第3回に示す。第3回は、2次元的に広がっている両像の一部を示したものである。

(II) 両像の座標変換について

具体例として、第4回(a)に示す座標変換の対象の両像、すなわち座標変換前画像 D₀を考える。この両像において、座標(u, v)にある両像の濃度 $g_{uv}(u, v)$ は、

$$g_1(x, v) = 10x + v \quad (4)$$

と与えている。

【第2工程】画素群抽出処理：

移動量記憶画像 D (座標 (x, v)) にある画素の濃度を $d(x, v)$ とする) から、移動量が同一な画素群を抽出する。すなわち、

$$m(x, v) = \begin{cases} 1, & d(x, v) = d \\ 0, & d(x, v) \neq d \end{cases} \quad (5)$$

なる 2 値化処理を行い、移動量が d の画素群を抽出する。その結果得られる 2 値画像をマスク画像 M と呼ぶ。第 3 図に示した移動量記憶画像 D から、一例として濃度 d が 2 つの画素群を抽出してマスク画像 M を作成した結果を第 4 図(b)に示す。

【第3工程】シフト処理：

座標変換前両画像 G_1 を水平方向に d 画素、すなわち第 2 工程においてマスク画像 M を作成するときに用いた濃度に等しい画素数分シフトしてシフト後両画像 G_2 を作成する。すなわち、

$$g_2(x, v) = g_1(x + d, v) \quad (6)$$

とする。具体例では、濃度 d として 2 を考えてい

度である。このようにして得られた結果を第 4 図(a)に示す。

次に、ジャギおよびその発生理由について説明する。座標変換を行うと、両像にせん断や伸縮が起こる。最近隣内挿法では、このような部分に堆疊があると、両像の移動量が 1 両像単位に離散化されているので、そこが不連続となり、ジャギを生じて両像の品質が劣化する。水平方向に座標変換する場合の斜め堆疊を例に用い、ジャギが生じる様子を第 5 図に示す。第 5 図(a), (b) は両像のせん断、すなわちせん断であり、第 5 図(c), (d) は伸縮である。

両像をシフトする方向に対して垂直な方向に隣接する 2 両像の移動量が異なるとき、その 2 両像の境界をせん断面として両像のせん断が生じる。両像のせん断には、第 5 図(a)に示した反時計回りのものと、第 5 図(b)に示した時計回りのものとがある。

最近隣内挿法では、両像を単位とした移動によって座標変換を行っていくので、第 6 図(a)に示

るので、第 4 図(a)に示した座標変換前両像 G_1 を右へ 2 画素シフトし、得られたシフト後両像 G_2 を第 4 図(c)に示す。

【第4工程】残存処理：

第 4 工程で作成したシフト後両像 G_2 から第 2 工程で作成したマスク両像 M に対応する領域のみを残し、部分座標変換後両像 G_3 を作成する。すなわち、

$$g_3(x, v) = m(x, v) g_2(x, v) \quad (7)$$

なる両像間演算を行なう。具体例における結果を第 4 図(d)に示す。

【第5工程】加算処理：

移動量記憶両像 D に記憶されているあらゆる濃度について、第 2 工程から第 4 工程を繰り返しながら各濃度ごとに得られる部分座標変換後両像 G_3 を加算して、水平方向の座標変換後両像 G_4 を作成する。すなわち、

$$g_4(x, v) = \sum_{d=\min}^{\max} g_3(x, v) \quad (8)$$

とする。ただし、 \min, \max は水平方向の移動量記憶両像 D に記憶されている最小および最大濃

度である。このようにして得られた結果には、両像の移動量はせん断面の下、すなわち座標 (x, y) にある両像の d から、せん断面の上、すなわち座標 $(x, y + 1)$ にある両像の $d - 1$ へと急激に変化する。

また、第 6 図(b)に示すように時計回りの場合には、反時計回りの場合とは逆で、両像の移動量はせん断面の下にある両像の d から、せん断面の上にある両像の $d + 1$ へと急激に変化する。

一方、両像の伸縮は、両像をシフトする方向に隣接する 2 両像の移動量が異なるとき、その 2 両像の境界を堆疊として起こる。第 5 図(c)は両像の伸び、第 5 図(d)は縮みである。伸びの場合には、第 6 図(c)に示すように、両像の移動量が伸びの境界の 2 両像において d から $d + 1$ へと急激に変化するために、また、縮みの場合には、第 6 図(d)に示すように、両像の移動量が縮みの境界の 2 両像において d から $d - 1$ へと急激に変化するために、ジャギが生じる。

先に述べた方法で両像を隙去するための座標変換を行った結果を第 8 図(b)に示す。なお、第

8 図(a)は座標変換前の両脇である。第 8 図(b)に示すケーブル 1 とマンホール壁面 2 の境界に見られるように、境界がギザギザ状になり、座標変換によって著しく両脇が劣化している。従来は、座標変換によって生じるこのようなジャギを滑らか化する方法が確立されていなかった。

(発明の目的)

本発明の目的は、最近隣内挿法を用いて両脇の座標変換を行う場合において、両脇の劣化を防止するためのジャギの滑らか化方法を提供することにある。

(発明の構成)

(発明の特徴と従来技術との差異)

本発明は、最近隣内挿法を用いて座標変換を行う場合において、座標変換に必要な移動量を求め、移動方向と混交する方向に隣接する両脇の移動量が異なる境界を検出し、その境界をはさむ両脇の濃度を移動方向の前後に異なる 2 両脇の濃度の重み付き平均値で置換するか、あるいは、移動方向に隣接する両脇の移動量が異なる境界を検出し、そ

(a) 移動量 $d(x, y)$ の算出

第 1 工程は、座標変換を行う際に算出されるもので、第 2 図の(i)に示す従来技術と同様であるので、ここでは省略する。

両脇のせん断について

(b) 滑らか化画像の検出

第 2 工程は、 y 方向に隣接する両脇の移動量が異なる両脇を検出する工程である。すなわち、隣接する両脇における移動量の差分 Δd を

$$\Delta d = d(x, y) - d(x, y + 1) \quad (8)$$

より求め、 $\Delta d < 0$ または $\Delta d > 0$ となるとき、座標 $(x, y), (x, y + 1)$ にある両脇を検出す。この 2 両脇の境界において、 $\Delta d > 0$ は第 6 図(a)に示すように反時計回りのせん断が、また、 $\Delta d < 0$ は第 6 図(b)に示すように時計回りのせん断が起きている場合である。

例えば、第 3 図に示した水平方向の移動量配植両脇 Dにおいて、座標 $(6, 6), (6, 7)$ にある両脇の移動量 $d(6, 7), d(6, 8)$ はそれぞれ 1 と 2 であるので、

の境界をはさむ両脇の濃度を移動方向の前後に異なる 2 両脇の濃度の重み付き平均値で置換することによりジャギの滑らか化を行うことを最も主な特徴とする。

従来技術では、ジャギの滑らか化を行わず、そのまま両脇を単位とした移動によって座標変換を行っていたが、本発明は濃度の重み付き平均値で置換する点が異なる。

(実施例)

従来技術で述べたように、最近隣内挿法では両脇を単位とした移動によって座標変換を行っていく。この結果、第 6 図に示したように、両脇の移動量はせん断面の上下、あるいは伸縮境界の左右にある 2 両脇において移動量が d から $d - 1$ 、あるいは d から $d + 1$ へと急激に変化し、ジャギが生じることになる。したがって、この急激な変化を本発明は穢やかにすることでジャギの発生を低減するものである。

以下、それぞれの場合について水平方向を例に用いて説明する。

$$\Delta d = d(6, 7) - d(6, 8)$$

$$= -1 < 0$$

となる。したがって、これらの両脇の境界において時計回りのせん断が起こっているので、これらの両脇が滑らか化すべき両脇として検出される。

(c) 滑らか化処理

第 3 工程は、両脇のせん断によって生じたジャギを滑らか化する工程である。反時計回りの場合 ($\Delta d > 0$) には、第 6 図(a)に示すように、両脇の移動量はせん断面の下にある両脇の d から、せん断面の上にある両脇の $d - 1$ へと急激に変化してしまい、ジャギを生ずる。そこで、第 7 図(a)のハッチングで示すように、座標 (x, y) にある両脇の移動量が $d - 1/3$ 、座標 $(x, y + 1)$ にある両脇の移動量が $d - 2/3$ と等価になるようにする。そのため、座標 (x, y) にある両脇の濃度として、それに含まれるハッチングの 2 両脇の濃度を面積占有率で重み付けした値を用いる。ただし、右下がりのハッチングの 2 両脇の濃度は、それに対応する実際の 2 両脇、つまり座標 (x, y) 、

特開平2-59975(5)

$(x+1, y)$ にある両漏の濃度である。したがって、

$$g(x, y) = \frac{1}{3}(2g_*(x, y) + g_*(x+1, y)) \quad (10)$$

となる。また、座標 $(x, y+1)$ にある両漏の濃度については、座標 $(x, y+1)$ と座標 $(x-1, y+1)$ にある両漏の濃度が用いられるので、

$$g(x, y+1) = \frac{1}{3}(g_*(x-1, y+1) + 2g_*(x, y+1)) \quad (11)$$

となる。

同様に、時計回りのせん断の場合 ($\Delta d < 0$) には、第6回(b)に示すように、両漏の移動量はせん断面の下にある両漏の d から、せん断面の上にある両漏の $d+1$ へと変化する。そこで、第7回(b)のハッティングで示すように、座標 (x, y) および座標 $(x, y+1)$ にある両漏の移動量がそれぞれ $d+1/3$, $d+2/3$ と等価になるよう重み付けを行う。せん断面の下および上にある右下がり、右上がりのハッティングの2両漏の濃度は、座標 $(x-1, y)$ と座標 (x, y) 。および座標 $(x, y+1)$ と座標 $(x+1, y+1)$ にある両漏の濃

度なので、せん断境界の2両漏の濃度は、

$$g(x, y) = \frac{1}{3}(g_*(x-1, y) + 2g_*(x, y)) \quad (12)$$

$$g(x, y+1) = \frac{1}{3}(2g_*(x, y+1) + g_*(x+1, y+1)) \quad (13)$$

となる。

このように、滑線化処理に用いる両漏は、自分で自身とジャギを打ち消す方向に1両漏移動した座標、すなわち $(x + \Delta d / |\Delta d|, y)$ あるいは $(x - \Delta d / |\Delta d|, y+1)$ にある両漏である。したがって、第2工程で検出される両漏の濃度を表わす式(10)と式(12)による $g(x, y)$ 、式(11)と式(13)による $g(x, y+1)$ は、

$$g(x, y) = \frac{2g_*(x, y) + g_*(x + \Delta d / |\Delta d|, y)}{3} \quad (14)$$

$$g(x, y+1) = \frac{2g_*(x, y) + g_*(x - \Delta d / |\Delta d|, y)}{3} \quad (15)$$

のように統一的に表わせる。

今、第2工程において、 $\Delta d < 0$ を満たす時計回りのせん断境界の2両漏として検出された座標 $(6, 7), (6, 8) (x=6, y=7)$ にある両漏を例に用いる。 $\Delta d / |\Delta d| = -1$ であるので、

$$d = -\frac{2n}{2n+1} \cdot \Delta d / |\Delta d|$$

と等価になるようにする。ただし、 $i = 1, 2, \dots, 2n$ である。したがって、

$$g(x, y+n) = \frac{2n \cdot g_*(x, y+n) + (-1)^n \cdot g_*(x + \Delta d / |\Delta d|, y+n)}{2n+1} \quad (16)$$

$$g(x, y+n) = \frac{(2n+1-i) \cdot g_*(x, y+n) + i \cdot g_*(x + \Delta d / |\Delta d|, y+n)}{2n+1} \quad (17)$$

\vdots

$-n+i > 0$ のとき正の符号
 $-n+i \leq 0$ のとき負の符号

用いる

$$g(x, y+n) = \frac{1 \cdot g_*(x, y+n) + 2n \cdot g_*(x - \Delta d / |\Delta d|, y+n)}{2n+1} \quad (18)$$

と濃度を置換することにより滑線化する。

前述と同じせん断境界に対して、 $n = 2$ 、すなわち境界の前後各2両漏を滑線化する場合の計算例を示す。各両漏の濃度を式(16), (17), (18)に代入することにより、座標 $(6, 6), (6, 7), (6, 8), (6, 9)$ にある両漏の濃度 $g_*(6, 6), g_*(6, 7), g_*(6, 8), g_*(6, 9)$ は、

$$g(6, 6) = \frac{4g_*(6, 6) + g_*(5, 6)}{5}$$

各両漏の濃度を式(14), (15)に代入することにより、これらの両漏の濃度 $g_*(6, 7), g_*(6, 8)$ を

$$\begin{aligned} g(6, 7) &= \frac{2 \cdot g_*(6, 7) + g_*(5, 7)}{3} \\ &= \frac{2 \times 57 + 47}{3} = 54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g(6, 8) &= \frac{2 \cdot g_*(6, 8) + g_*(5, 8)}{3} \\ &= \frac{2 \times 48 + 58}{3} = 51 \end{aligned}$$

と置換する。ただし、通常両像メモリは整数値を取り扱うので、算出結果を整数化して示した。

以上の説明は、せん断境界の2両漏を滑線化する場合であった。本発明は、2両漏以上の両漏數に一般化でき、以下、 $2n$ ($n = 1, 2, \dots$) 両漏を滑線化する場合について説明する。この場合には、

$$\text{座標 } (x, y-n+1) \text{ にある両漏の移動量が } d = -\frac{1}{2n+1} \cdot \Delta d / |\Delta d|$$

$$\text{座標 } (x, y-n+i) \text{ にある両漏の移動量が } d = -\frac{1}{2n+1} \cdot \Delta d / |\Delta d|$$

$$\text{座標 } (x, y+n) \text{ にある両漏の移動量が }$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{4 \times 56 + 46}{5} = 54 \\
 g(6, 7) &= \frac{3 g_s(6, 7) + 2 g_s(5, 7)}{5} \\
 &= \frac{3 \times 57 + 2 \times 47}{5} = 53 \\
 g(6, 8) &= \frac{2 g_s(6, 8) + 3 g_s(7, 8)}{5} \\
 &= \frac{2 \times 48 + 3 \times 58}{5} = 54 \\
 g(6, 9) &= \frac{g_s(6, 9) + 4 g_s(7, 9)}{5} \\
 &= \frac{49 + 4 \times 59}{5} = 57
 \end{aligned}$$

と求められる。

両像の伸縮について

(d) 滑線化両像の検出

第4工程は、 x 方向に隣接する両像の移動量が異なる両像を検出する工程である。すなわち、隣接する両像における移動量の差分 Δd を

$$\Delta d = d(x, y) - d(x+1, y)$$

より求め、 $\Delta d < 0$ または $\Delta d > 0$ となるときの座標 $(x, y), (x+1, y)$ にある両像を検出する。

この 2 両像の境界において、 $\Delta d < 0$ では第 6

像 $(x+1, y)$ にある両像の移動量が $d + 2/3$ と等価になるように重み付けを行う。境界の左および右にある右上がり、右上がりのハッティングの 2 両像の濃度は、座標 (x, y) と座標 $(x+1, y)$ 、および座標 $(x+1, y)$ と座標 $(x+2, y)$ にある両像の濃度なので、伸びの境界の 2 両像の濃度は、

$$g(x, y) = \frac{1}{3}(g_s(x-1, y) + 2g_s(x, y)) \quad (19)$$

$$g(x+1, y) = \frac{1}{3}(2g_s(x+1, y) + g_s(x+2, y)) \quad (20)$$

となる。

同様に縮みの場合 ($\Delta d > 0$) には、第 6 図(d) に示すように、両像の移動量が縮みの境界の 2 両像において、 d から $d - 1$ へと変化している。したがって、第 7 図(d) のハッティングで示すように、座標 (x, y) および座標 $(x+1, y)$ にある両像の移動量がそれぞれ $d - 1/3, d - 2/3$ と等価になるよう重み付けを行う。境界の左にある右上がりのハッティングの 2 両像のうち、左側の両像(ア)の濃度は、座標 (x, y) にある両像の濃度となっている。

図(c)に示すように伸びが、また、 $\Delta d > 0$ では第 6 図(d) に示すように縮みが起こっている場合である。

例えば、第 3 図に示した移動差記憶両像 D において、座標 $(2, 8), (3, 8)$ にある両像の移動量 $d(2, 8), d(3, 8)$ はそれぞれ 0, 1 であるので、

$$\begin{aligned}
 \Delta d &= d(2, 8) - d(3, 8) \\
 &= -1 < 0
 \end{aligned}$$

となる。したがって、これらの両像において両像の伸びが生じているので、これらの両像が滑線化すべき両像として検出しなければならない。

(e) 滑線化処理

第 5 工程は、両像の伸縮によって生じたジャギを滑線化する工程である。

両像の伸びの場合 ($\Delta d < 0$) には、第 6 図(c) に示すように、両像の移動量が伸びの境界の 2 両像において、 d から $d + 1$ へと急激に変化する。そこで、第 7 図(e) のハッティングで示すように、座標 (x, y) にある両像の移動量が $d + 1/3$ 、座

なお、図の下側に示したハッティングの両像は、第 7 図(d) のハッティングの両像を個別(ア)～(エ)に取り出して示したものである。しかし、右側の両像の濃度(イ)は、本来第 6 図(d) の図で示す両像の濃度であるが、縮みによって欠落している。この欠落両像を逆探索するのは手間がかかるので、その濃度を両側にある、すなわち座標 (x, y) と座標 $(x+1, y)$ にシフトされた両像の濃度の平均値で置換する。同様に、境界の右にある右上がりのハッティングの 2 両像のうち、右側の両像の濃度(エ)は座標 $(x+1, y)$ にある両像の濃度であり、左側の両像(ウ)の濃度は座標 (x, y) と座標 $(x+1, y)$ にある両像の濃度の平均値となる。したがって、縮みの境界の 2 両像の濃度は、

$$\begin{aligned}
 g(x, y) &= \frac{1}{3}(2g_s(x, y) + \frac{g_s(x_1, y) + g_s(x+1, y)}{2}) \\
 &= \frac{1}{6}(5g_s(x, y) + g_s(x+1, y))
 \end{aligned} \quad (21)$$

$$g(x+1, y) = \frac{1}{6}(g_s(x, y) + 5g_s(x+1, y)) \quad (22)$$

となる。

今、第 3 図において、伸び ($\Delta d < 0$) が生じる

特開平2-59975(7)

$$g(x-n+1, y) = \frac{2n\pi(x-n+1, y)+\pi(x-n)+\Delta d/\lceil \Delta d \rceil, y)}{2n+1} \quad (23)$$

$$\vdots \\ \vdots$$

$$g(x-n+i, y) = \begin{cases} (2n+i)\pi(x-n+i, y)+\pi(x-n+i+\Delta d/\lceil \Delta d \rceil, y) \\ 2n+1 \end{cases} \quad (1 \leq i \leq n) \quad (24)$$

$$\vdots \\ \vdots$$

$$g(x+n, y) = \begin{cases} (2n-i)\pi(x-n+i-\Delta d/\lceil \Delta d \rceil, y)+\pi(x-n+i, y) \\ 2n+1 \end{cases} \quad (n < i \leq 2n) \quad (25)$$

$$g(x+n, y) = \frac{1-\pi(x+n+\Delta d/\lceil \Delta d \rceil, y)+2n\pi(x+n, y)}{2n+1} \quad (25)$$

と濃度を置換することにより滑らか化する。

ただし、組みの場合($\Delta d > 0$)において、

$\pi(x, y), g(x+1, y)$ を滑らか化する際に使用すべき調和が欠落してしまっているので、

$\pi(x, y)$ 、すなわち $n = i$ の場合には式(24)の分子の第2項を、また、 $g(x+1, y)$ 、すなわち $n = i + 1$ の場合には第1項を、 $\pi(x, y)$ と $g(x+1, y)$ の平均値で置き換えて計算することとする。

前述と同じ伸び($\Delta d < 0$)の境界に対して、 $n = 2$ とした計算例を示す。各両面の濃度を式(23)、(24)、(25)に代入することにより、座標(1, 8)、(2, 8)、(3, 8)、(4, 8)にある両面の濃度

となる。

両像のせん断の場合と同様に、 $2n$ 両面を滑らか化する場合について説明する。この場合には、

左側($x - n + 1, y$)にある両面の移動量が
 $d - \frac{1}{2n+1} \cdot \Delta d / |\Delta d|$

右側($x - n + i, y$)にある両面の移動量が
 $d - \frac{i}{2n+1} \cdot \Delta d / |\Delta d|$

左側($x + n, y$)にある両面の移動量が
 $d - \frac{2n}{2n+1} \cdot \Delta d / |\Delta d|$

と等価になるようにする。したがって、

$\pi_+(1, 8), \pi_+(2, 8), \pi_+(3, 8), \pi_+(4, 8)$ は、

$$\begin{aligned} g(1, 8) &= \frac{4 \times \pi_+(1, 8) + \pi_+(0, 8)}{5} \\ &= \frac{4 \times 15 + 8}{5} = 16 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g(2, 8) &= \frac{3 \times \pi_+(2, 8) + 2 \times \pi_+(1, 8)}{5} \\ &= \frac{3 \times 28 + 2 \times 18}{5} = 24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g(3, 8) &= \frac{2 \times \pi_+(3, 8) + 3 \times \pi_+(2, 8)}{5} \\ &= \frac{2 \times 38 + 3 \times 28}{5} = 32 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g(4, 8) &= \frac{\pi_+(4, 8) + 4 \times \pi_+(3, 8)}{5} \\ &= \frac{48 + 4 \times 38}{5} = 40 \end{aligned}$$

となる。

本発明の滑らか化処理を施す座標変換を行った結果を第8図(a)、(d)に示す。第8図(a)は境界の2両面に対して、また、第8図(d)は4両面に対して滑らか化したものである。第8図(b)に示した両像ではジャギが目立つが、本発明によってジャギが滑らか化され、品質を劣化させることなく両像の座標変換が行えていることがわかる。また、

第8図(a)、(d)を比較すると、滑らか化領域を広くした方がより品質の良い変換が行えることがわかる。

(発明の効果)

以上説明したように、本発明方法は、最近傍内挿法を用いた座標変換の際に生じるジャギに対して、各両面の移動量から両像のせん断、伸縮の起こる両面を検出し、変換に伴う両面の移動を繰りかにすることにより滑らか化することによって、ジャギを生じることなく、すなわち両面を劣化させることなく、両像歪や投影法の変更などの座標変換が行える利点がある。

4. 侧面の簡単な説明

第1図は両像の座標変換の原理を示した図、第2図は両像の座標変換のフロー・チャートを示した図、第3図は水平方向の移動量記憶両像Dの一例を示した図、第4図は両像の座標変換の具体例を示した図、第5図はジャギの様子を示した図、第6図はジャギの発生を説明するための図、第7図は滑らか化原理を説明するための図、第8図(a)は

座標変換前の画像、(b)は滑らか化処理を施さない場合、(c)、(d)は滑らか化処理を施した場合の座標変換結果を実際の画像を用いて示した例である。

1 …ケーブル、2 …マンホール壁面。

x, y …座標変換後の画像の座標。

u, v …座標変換前の画像の座標。

x, v …水平方向座標変換後の画像の座標。

d(x, y) …水平方向への画像移動。

e(x, y) …鉛直方向への画像移動。

D …移動量記憶画像、M …マスク画像。

G₁ …座標変換前画像、G₂ …シフト後画像。

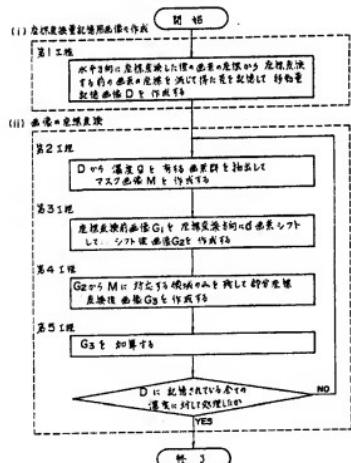
G₃ …部分座標変換後画像、G₄ …

水平方向の座標変換後画像。

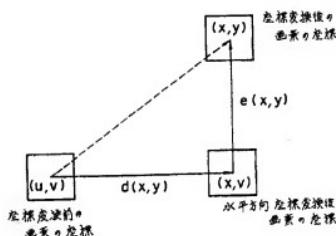
特許出願人 日本電信電話株式会社

代理人 風野恒

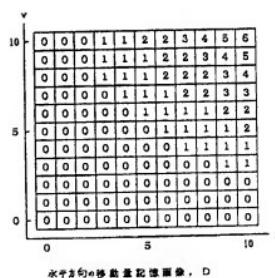
第2図



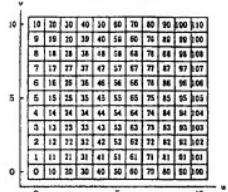
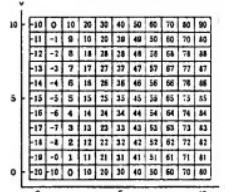
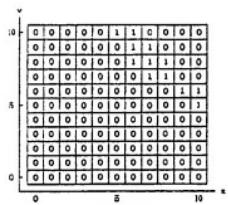
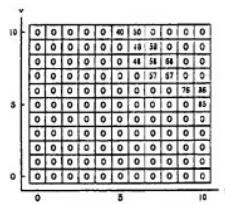
第1図



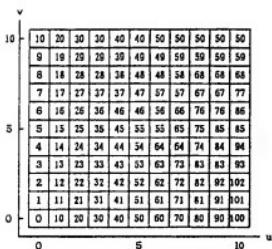
第3図



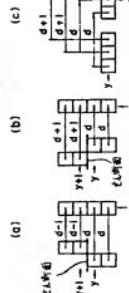
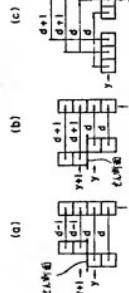
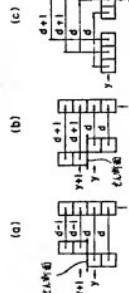
第 4 図

(a) 水平変換係数表, G_x .(b) シフト変換係数表, G_y .(c) マスク座標表, M .(d) 部分座標変換係数表, G_z .

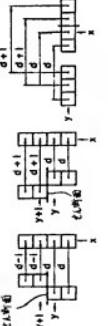
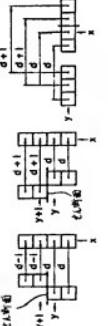
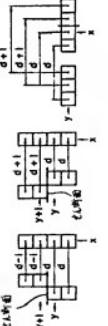
第 4 図

(a) 水平方向の座標変換係数表, G_x .

第 6 図

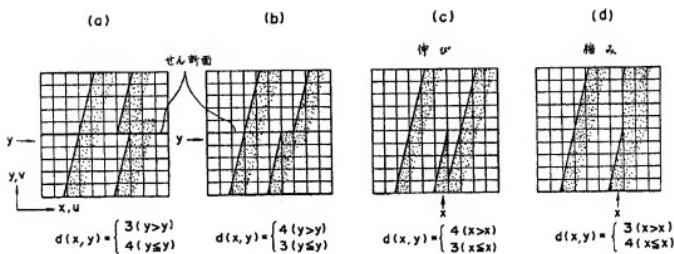


第 7 図



(a) (b) (c)

第 5 図



第 8 図

